

УДК 629.7.017

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-3-553-556

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО НАДЕЖНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ю.А. Гатчин<sup>а</sup>, Н.С. Кармановский<sup>а</sup>, О.А. Кузнецова<sup>б</sup>

<sup>а</sup>Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация

<sup>б</sup>АО «ОКБ «Электроавтоматика», Санкт-Петербург, 198095, Российская Федерация

Адрес для переписки: [kuzola@ya.ru](mailto:kuzola@ya.ru)

### Информация о статье

Поступила в редакцию 20.02.19, принята к печати 04.04.19

Язык статьи — русский

**Ссылка для цитирования:** Гатчин Ю.А., Кармановский Н.С., Кузнецова О.А. Информационная поддержка принятия решения в системах автоматизированного надежно-ориентированного проектирования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 3. С. 553–556. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-3-553-556

### Аннотация

На основе анализа действующих форм учета сведений об отказах статистических данных результатов эксплуатации и лабораторных испытаний на безотказность (разработанных на основе государственных стандартов) предложена модифицированная форма и процедура автоматизированной обработки сведений об отказах, предназначенные для информационной поддержки принятия решения в разработке мер, направленных на устранение причин, вызывающих систематические отказы. Предлагаемая форма с категориями отказов и повторяемостью позволит не только обеспечить информационную поддержку в принятии решений о разработке недостающих мер, но и оценить эффективность ранее выполненных доработок. Предлагаемая процедура автоматизированной обработки сведений об отказах ускоряет процесс принятия решения на основе автоматизированного расчета показателя повторяемости. Реализация предложенной формы и процедуры обработки статистических данных в системах автоматизированного проектирования позволит не только сокращать сроки разработок корректирующих мер, но и учитывать конструктивные особенности разрываемых изделий, являющихся аналогами прежних разработок, и влияние воздействующих эксплуатационных факторов при создании новых проектов.

### Ключевые слова

надежность, безотказность, испытания на безотказность, статистическое управление качеством, формы учета сведений об отказах

doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-3-553-556

## INFORMATION SUPPORT OF DECISION-MAKING IN COMPUTER-AIDED RELIABILITY-ORIENTED DESIGN

Yu.A. Gatchin<sup>а</sup>, N.S. Karmanovsky<sup>а</sup>, O.A. Kuznetsova<sup>б</sup>

<sup>а</sup>ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation

<sup>б</sup>JSC Experimental Design Bureau “Electroavtomatika”, Saint Petersburg, 198095, Russian Federation

Corresponding author: [kuzola@ya.ru](mailto:kuzola@ya.ru)

### Article info

Received 20.02.19, accepted 04.04.19

Article in Russian

**For citation:** Gatchin Yu.A., Karmanovsky N.S., Kuznetsova O.A. Information support of decision-making in computer-aided reliability-oriented design. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2019, vol. 19, no. 3, pp. 553–556 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-3-553-556

### Abstract

The paper proposes a modified form and procedure for automated processing of information about failures based on the analysis of the existing forms for recording statistical data on operating results and laboratory tests (developed on the basis of state standards). The procedure is intended for informational support of decision-making in the development of measures aimed at eliminating the causes of failures. The proposed form with fault categories and repeatability will provide not only information support in making decisions about the development of the missing measures, but also the effectiveness evaluation of previously completed improvements. The proposed procedure for automated processing of information about failures speeds up the decision-

making process, based on automated calculation of the repeatability index. The implementation of statistical data processing in computer-aided design systems makes it possible to reduce the time taken to develop corrective measures and take into account the effect of operating factors when creating new projects.

### Keywords

dependability, reliability, reliability test, statistical quality control, failure reporting forms

Многофакторность процесса автоматизированного проектирования изделий авионики [1], определяемая условиями будущей эксплуатации [2, 3] и требованиями к функциональности и качеству потребителем, не всегда на начальных этапах проектирования задана с достаточной точностью, что ведет впоследствии к вынужденным корректировкам готовых проектов. Экспериментальная отработка опытных образцов изделий проведением испытаний на безотказность в лабораторных условиях, имитирующих заданные условия, не всегда эквивалентна условиям фактической эксплуатации (в силу не полного учета в технических требованиях заданий к проектам) и отработка образцов в опытной эксплуатации не обеспечивают уверенность в отсутствии внесения изменений в готовые проекты в процессе первых лет серийного выпуска и (или) эксплуатации. Для разработки по результатам статистических данных экспериментов опытной и серийной эксплуатации мер, направленных на устранение недостатков проектного решения (статистическое управление качеством), требуется обработка обширных сведений о факторах, приведших к возникновению несоответствий продукции ожиданиям. Существующие формы учета сведений об отказах<sup>1</sup> не позволяют выделить приоритетные направления в разработке требуемых мер, что привело к необходимости разработки форм и процедур автоматизированной обработки сведений об отказах, выполняющих роль информационной поддержки принятия решений в управлении качеством проектируемых (выпускаемых) изделий.

Малозначительные, на первый взгляд, факторы, приведшие к несоответствию, отсутствующие в сведениях об отказе, не позволяют разрабатывать достаточные меры по устранению причин, вызывающих отказ [4–7], поэтому разработанные карты учета неисправностей содержат большой перечень многовариантной информации, составляющей трудности в неавтоматизированной обработке. Результатом процесса автоматической обработки статистических данных являются таблицы, графики, диаграммы распределения разного рода информации, направленные на поддержку принятия решения в разрабатываемых мерах. Всю статистическую информацию можно разделить на группы:

- условия эксплуатации (дата, место, этап эксплуатации);
- технологические данные об изделии (изготовитель, дата изготовления, идентификационный номер изделия, позволяющий по техническому паспорту отследить используемые комплектующие изделия — партии их выпуска);
- сведения о проявлениях отказа (описание внешних признаков отказа и способов его идентификации);
- результаты исследования — установление места отказа с глубиной до низшего уровня разукрупнения и причины отказа.

Установление причины отказа является наиболее значимой процедурой в рамках работ по повышению качества изготавливаемого (проектируемого) изделия. Исходя из установившейся классификации причин отказов<sup>2</sup> (технологические, конструктивные, производственные, случайный отказ электрорадиоизделий (ЭРИ), деградация ЭРИ), для устранения причин, вызывающих отказы, могут быть выполнены [8]:

- изменения схемы, конструкции и алгоритмов функционирования изделия, направленные на снижение вероятности выявленных отказов до приемлемого уровня, и (или) на повышение отказоустойчивости изделия в случае их возникновения, и (или) на введение защиты от наиболее тяжелых последствий отказов;
- замены комплектующих изделий с низкой надежностью;
- изменения (введения дополнительных) средств контроля, диагностирования и индикации отказов;
- введения в технологию изготовления изделия специальных мер по предупреждению, выявлению и устранению причин отказов:
  - повышение стабильности техпроцессов;
  - введение дополнительных контрольных процедур;
  - ужесточение программ отбраковки скрытых дефектов. Отбраковочные испытания эффективны только в тех случаях, когда отказы в эксплуатации возникали на начальных этапах;
  - изменения (дополнения) инструкции по эксплуатации соответствующими правилами поведения обслуживающего персонала, изменения регламентов проверки технического состояния и технического обслуживания изделия в эксплуатации.

Для случая с очевидной причиной отказа внедрение мер, направленных на ее устранение, является лишь следствием анализа технико-экономической эффективности и целесообразности выполнения работ.

<sup>1</sup> ГОСТ РВ 15.703-2005. Система разработки и постановки продукции на производство. Введен 01.01.2007. М.: Стандартинформ, 2006. 35 с.

<sup>2</sup> ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения. Введен 01.07.2017. М.: Стандартинформ, 2016. 28 с.

В случае конструктивных отказов установление причин, их вызывающих, зачастую является трудо- и наукоемким процессом, требующим большого объема статистических данных. Первичные отказы (отказы, возникшие впервые) на этапе нормальной эксплуатации, как правило, классифицируются как случайный отказ покупных комплектующих изделий (ПКИ), и лишь повторное появление отказа сигнализирует о наличии недостатка в конструкции изделия, эксплуатационной документации или в технологическом процессе изготовления. Поэтому строгое соблюдение правил учета статистических данных позволяет разрабатывать эффективные меры по повышению качества проектируемых и изготавливаемых изделий. Для информационной поддержки принятия мер, направленных на повышение качества, предлагается к формам обработки статистических данных<sup>1</sup> добавлять классификатор категории отказа и повторяемость. При этом категория отказа представляется в четырех группах: *A, B, C, D*.

К категории *A* относятся отказы, не подлежащие корректирующим действиям:

- несистематические отказы (отказы с повторяемостью менее трех или вероятность возникновения которых незначительна в пределах рассмотрения);
- систематические отказы, требующие на устранение не оправдываемых экономических затрат, временных потерь или технических трудностей.

К категории *B* относятся отказы, подлежащие корректирующими действиями:

- систематические отказы, связанные с безопасностью;
- систематические отказы, техническое решение и экономические затраты, на устранение причин возникновения которых в условиях временных ограничений принято допустимым.

К категории *C* относятся отказы, причина возникновения которых находится в стадии устранения – разработанные корректирующие действия находятся в процессе выполнения (дорабатываются изделия).

К категории *D* относятся отказы, по причине возникновения которых разработанные корректирующие действия на момент анализа уже выполнены.

Формализованная функция автоматизированного отбора отказов, требующих разработки мер на устранение причин их вызывающих, на языке *SQL* имеет вид:

```
SELECT [Таблица_с_данными_об_отказах] ...
[Таблица_с_данными_об_отказах]. [Pd] & ' / '
&[Таблица_с_данными_об_отказах]. [Ws]
```

AS Повторяемость,

HAVING

```
((([Таблица_с_данными_об_отказах].Изделие)=[Формы]![Форма_запроса_данных]![Изделие]) AND
((([Таблица_с_данными_об_отказах].наименование_элемента)<>'не подтвердился')) AND
((([Таблица_с_данными_об_отказах].Код_доработки)) Is Null) AND
((([Таблица_с_данными_об_отказах]. [Ws])>=2) AND
((([Таблица_с_данными_об_отказах].Дата_отказа) Between [Формы]!
[Форма_запроса_данных]! [Дата_от] AND [Формы]!
[Форма_запроса_данных]! [Дата_до]) AND
((([Таблица_с_данными_об_отказах].Зависимый_отказ)=False))
```

Таблица, содержащая сведения об отказах [Таблица\_с\_данными\_об\_отказах], должна (как минимум) включать следующие поля:

[Изделие] — наименование изделия;

[Дата\_отказа];

[Наименование\_причины] — обозначение причины отказа (например, наименование отказавшего ЭРИ);

[Код\_доработки] — шифр разработанных мер по устранению причин отказа;

[Pd] — количество отказов соответствующего вида, произошедших в рассматриваемый период;

[Ws] — количество отказов соответствующего вида, произошедших с начала испытаний (эксплуатации);

[Зависимый\_отказ] — логическое поле, указывающее на регистрацию цепочки отказов, включающую зависимый отказ.

Условиями отбора отказов, требующих разработки мер, являются:

выборка отказов по соответствующему изделию (в представленном примере выборка изделия осуществляется в форме [Форма\_запроса\_данных] в поле [Изделие]);

исключение зависимых отказов и отказов, которые не подтвердились при проверке;

<sup>1</sup> ГОСТ РВ 15.703-2005

отсутствие разработанных мер по устранению причин отказа — поле ([Код\_доработки] не содержит данных [Is Null]);

повторяемость отказа соответствующего вида не менее двух ([Таблица\_с\_данными\_об\_отказах].[Ws])>=2)

отказ произошел в рассматриваемый период

([Дата\_отказа] Between [Формы]![ Форма\_запроса\_данных]! [Дата\_от] And [Формы]![ Форма\_запроса\_данных]![Дата\_до]).

Предлагаемая классификация совместно с показателем повторяемости в формате  $X_1/X_2$  ( $X_1$  — количество отказов соответствующего вида в рассматриваемом периоде;  $X_2$  — количество отказов с начала выпуска изделия) позволят не только обеспечить информационную поддержку в принятии решения о разработке недостающих мер, но и оценить эффективность ранее выполненных доработок.

### Литература

1. Гатчин Ю.А., Кузнецова О.А., Лобов В.В. Оценка надежности структурно избыточных изделий при проектировании сложных технических систем // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2009. №1 (59). С. 45–51.
2. Ушаков И.А. Надежность технических систем. Справочник. М.: Радио и связь, 1985. 608 с.
3. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов. СПб: Питер, 2005. 479 с.
4. DeCoursey W. Statistics and Probability for Engineering Applications. Newnes, 2003. 396 p.
5. Ross S. Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists. 5<sup>th</sup> ed. Academic Press, 2014. 686 p.
6. Molugaram K., Rao. G.S. Shah A., Davergave N. Statistical Techniques for Transportation Engineering. Butterworth-Heinemann, 2017. 554 p.
7. Aizpurua J.I., Catterson V.M., Papadopoulos Y., Chiacchio F., D'Ursoc D. Supporting group maintenance through prognostics-enhanced dynamic dependability prediction // Reliability Engineering and System Safety. 2017. V. 168. P. 171–188. doi: 10.1016/j.ress.2017.04.005
8. Гурьянов А.В., Кузнецова О.А., Шукалов А.В., Жаринов И.О., Нечаев В.А. Классификация отказов при оценке показателей надежности изделий авионики // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. Т. 19. № 1 (2). С. 341–345.

### Авторы

**Гатчин Юрий Арменакович** — доктор технических наук, профессор, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 56127302800, ORCID ID: 0000-0002-1067-619X, gatchin@mail.ifmo.ru

**Кармановский Николай Сергеевич** — кандидат технических наук, доцент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, Scopus ID: 57192385103, ORCID ID: 0000-0002-0533-9893, karmanov50@mail.ru

**Кузнецова Ольга Александровна** — начальник отдела, АО «ОКБ «Электроавтоматика», Санкт-Петербург, 198095, Российская Федерация, ORCID ID: 0000-0002-51277953, kuzola@ya.ru

### References

1. Gatchin Y.A., Kuznetsova O.A., Lobov V.V. Reliability evaluation of structurally redundant items during complex technical systems engineering. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2009, no. 1, pp. 45–51. (in Russian)
2. Ushakov I.A. *Reliability of Technical Systems*. Handbook. Moscow, Radio i Svyaz' Publ., 1985, 608 p. (in Russian)
3. Cherkesov G.N. *Reliability of Hardware and Software Systems*. St. Petersburg, Piter Publ., 2005, 479 p. (in Russian)
4. DeCoursey W. *Statistics and Probability for Engineering Applications*. Newnes, 2003, 396 p.
5. Ross S. *Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. 5<sup>th</sup> ed. Academic Press, 2014, 686 p.
6. Molugaram K., Rao. G.S. Shah A., Davergave N. *Statistical Techniques for Transportation Engineering*. Butterworth-Heinemann, 2017, 554 p.
7. Aizpurua J.I., Catterson V.M., Papadopoulos Y., Chiacchio F., D'Ursoc D. Supporting group maintenance through prognostics-enhanced dynamic dependability prediction. *Reliability Engineering and System Safety*, 2017, vol. 168, pp. 171–188. doi: 10.1016/j.ress.2017.04.005
8. Guryanov A.V., Kuznetsova O.A., Shukalov A.V., Zharinov I.O., Nechaev V.A. Algorithm of classification the noticeable and negligible refusals at assessment the indicators of avionics products reliability. *Izvestia of RAS Samara Scientific Center*, 2017, vol. 19, no. 1, pp. 341–345. (in Russian)

### Authors

**Yuriy A. Gatchin** — D.Sc., Full Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 56127302800, ORCID ID: 0000-0002-1067-619X, gatchin@mail.ifmo.ru

**Nikolai S. Karmanovskiy** — PhD, Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, Scopus ID: 57192385103, ORCID ID: 0000-0002-0533-9893, karmanov50@mail.ru

**Olga A. Kuznetsova** — Department head, JSC Experimental Design Bureau “Electroavtomatika”, Saint Petersburg, 198095, Russian Federation, ORCID ID: 0000-0002-51277953, kuzola@ya.ru